

고속 생산을 위한 카드 슬라이버의 최적화

1. 서 언

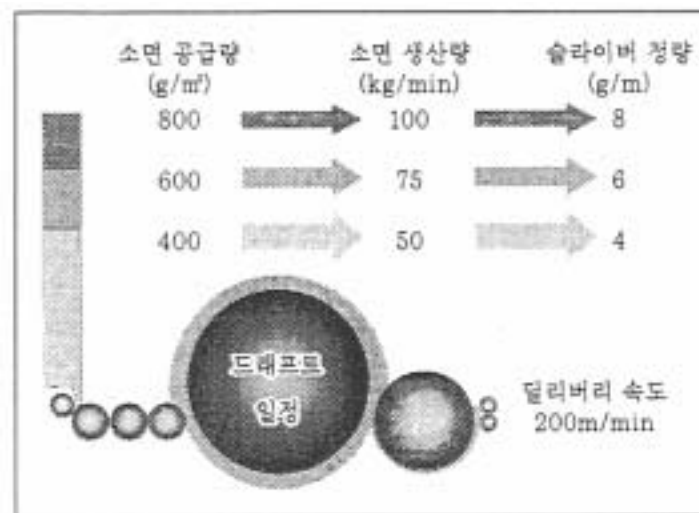
지난 수년간 소면기 분야에서는 다른 방적 기계에 비해 월등한 성능 개선이 이루어져 왔다. 생산량 증대는 주로 딜리버리 속도 및 소면 공급량을 증가시킴으로써 이루어졌다. 딜리버리 속도 및 소면 공급량 증가는 카드의 기술발전과 카드 슬라이버의 섬유 구조에도 큰 영향을 미쳤다.

오늘날과 같은 고성능 환경하에서 슬라이버 구조 최적화를 위한 카딩 인자 연구를 수행하였다. 소면 생산량을 증가시키거나 고정시킨 상태에서 소면 공급량(feed weight) 및 딜리버리 속도와 같은 두 가지 카딩 인자를 변화하도록 하였다.

카딩 인자와 카드 슬라이버 구조간의 상관성을 나타내는 것은 매우 중요하다. 본 연구의 목표는 가능한 한 후단 훅 섬유(trailing hook)와 선단 훅 섬유(leading hook)가 적은 슬라이버를 생산하는 것이고, 또한 최적의 섬유활용도와 가장 짧은 공정단계로 실을 만드는 것이다.

다운스트림 공정과 관련해서 어떤 방법을 써야만 슬라이버 구조가 최적화되는지에 대해서는 알려져 있지 않다. 소면 슬라이버에서는 대체로 후단 훅 섬유가 발생하는 것으로 알려져 있다. 훅 섬유는 실린더에서 도퍼로의 섬유이행시 발생한다. 후공정에서 최적의 유효섬유장을 갖기 위하여 카드 슬라이버의 섬유 훅 구조는 가능한 한 최소화되어야 한다. 본 연구에서는 소면기의 복잡한 내부과정을 검토하여 섬유 평행화에 미치는 영향을 조사하였다.

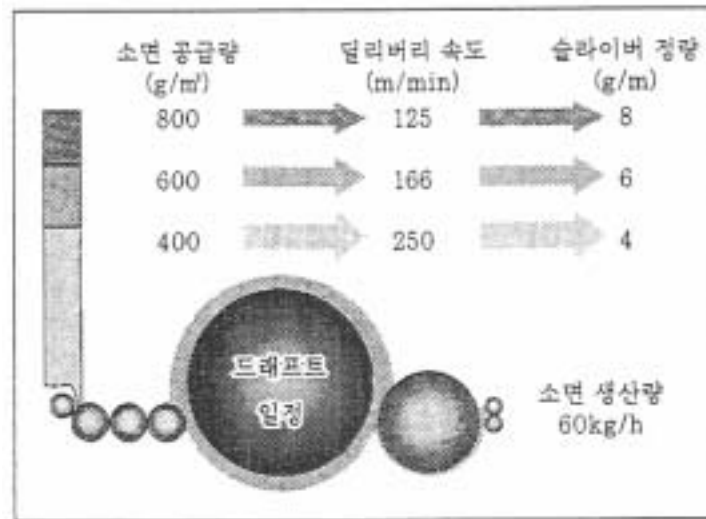
카드 방적실험(#1)에서는 딜리버리 속도(200m/min)와 드래프트(100배)는 일정하게 하고, 소면 공급량을 3단계로 변화시켰다<그림 1>. 소면 공급량이 800~400g/m²로 변할 때 슬라이버 정량도 8~4g/m로 감소하였고, 그 결과 소면 생산량은 100~50kg/h이 되었다. 이는 실린더에서의 섬유 축적이 감소하고, 카드내 소면조건이 상당히 변화하였음을 의미한다. 모든 실험은 실린더 속도가 355 및 460 rpm에서 이루어졌다.



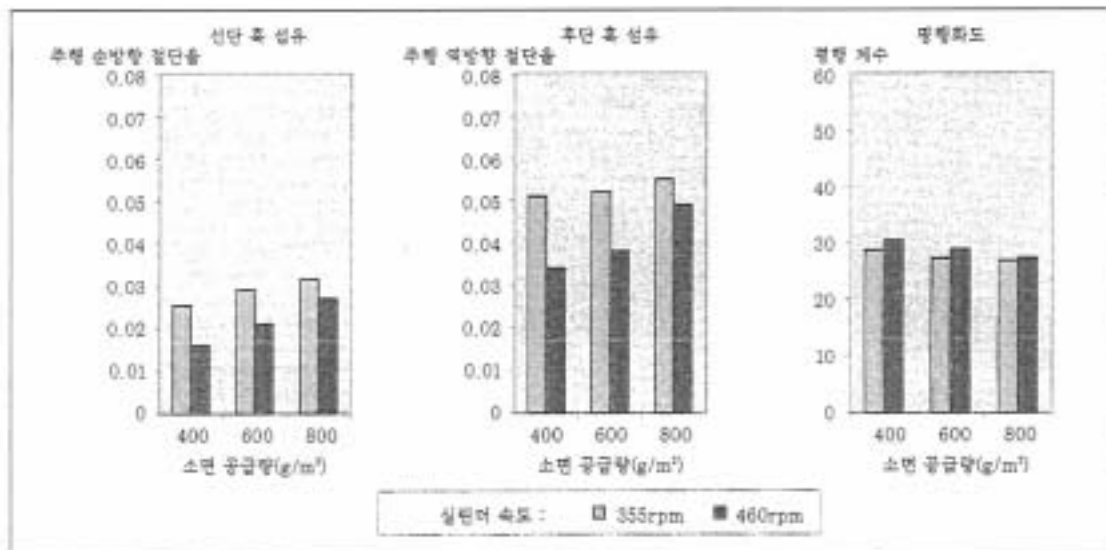
<그림 1> 카드 방적 실험(#1) : 일정 딜리버리 속도하(200m/min)에서의 소면 공급량 변화

카드 방적실험(#2)에서는 일정한 소면 생산량(60kg/h)에서 소면 공급량 변화에 따른 영향을 조사하였다<그림 2>. 소면 공급량이 변한다면 소면 생산량을 일정하게 유지하기 위하여 딜리버리 속도 또한 조절되어야 한다. 평균 소면 생산량 60kg/h을 기초로 하여, 소면 공급량이 800~400g/m²로 변화하였을 때 딜리버리 속도는 125~250 m/min으로 변화하였다.

본 실험은 면섬유(스테이플 섬유장 1~1.5 in)를 이용하여 이루어졌다.



<그림 2> 카드 방적실험(#2) : 일정 소면 생산량(60kg/h)에서의 소면 공급량 변화

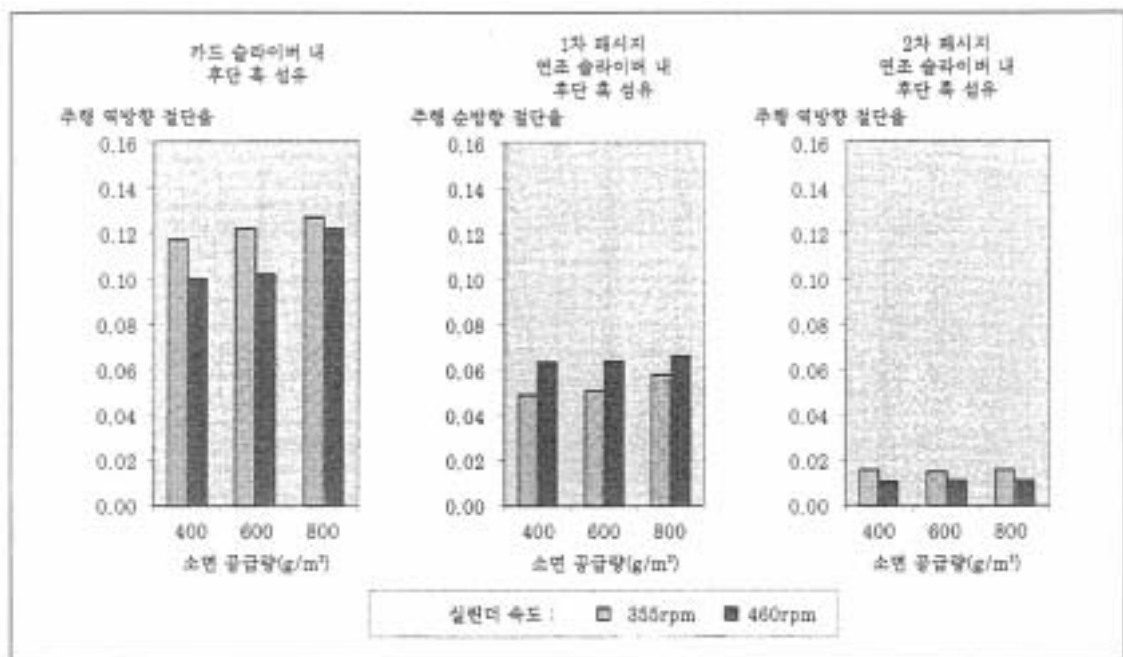


<그림 3> 후단 후단(선단/후단) 비율 및 후단 후단 평행화도

카드 슬라이버는 Lindsley에 따라서 시험되었다. 이 방법은 절단 및 칭량에 관한 방법이고, 슬라이버 구조를 파악하는데 도움이 된다. 시험된 카드 슬라이버에서는 대체로 후단 후단 비율과 선단 후단 비율이 2:1의 비율로 나타났다<

그림 3>. 흑 섬유가 많을수록 슬라이버의 섬유 평행화가 나쁘게 된다. 이 예에 의하면 실린더 속도를 높여서 더욱 심한 카딩작용을 하면 슬라이버내 흑 섬유가 감소함을 알 수 있다. 이 방법은 또한 1차 및 2차 연조 패시지 후와 같은 후공정에서도 사용되었다.

카드 슬라이버의 섬유 흑 구조는 실에서 최적의 유효섬유장을 갖기 위해서 가능한 한 많이 제거되어야 한다. 이는 정방기의 메인 드래프트를 포함하여 양방향 드래프팅 과정을 필요로 한다. 카드 슬라이버의 섬유 흑 구조는 연조기 2차 드래프팅 패시지를 지나면 거의 완전히 제거되는 것을 알 수 있다.<그림 4>



<그림 4> 소면 후공정에서의 후단 흑 섬유

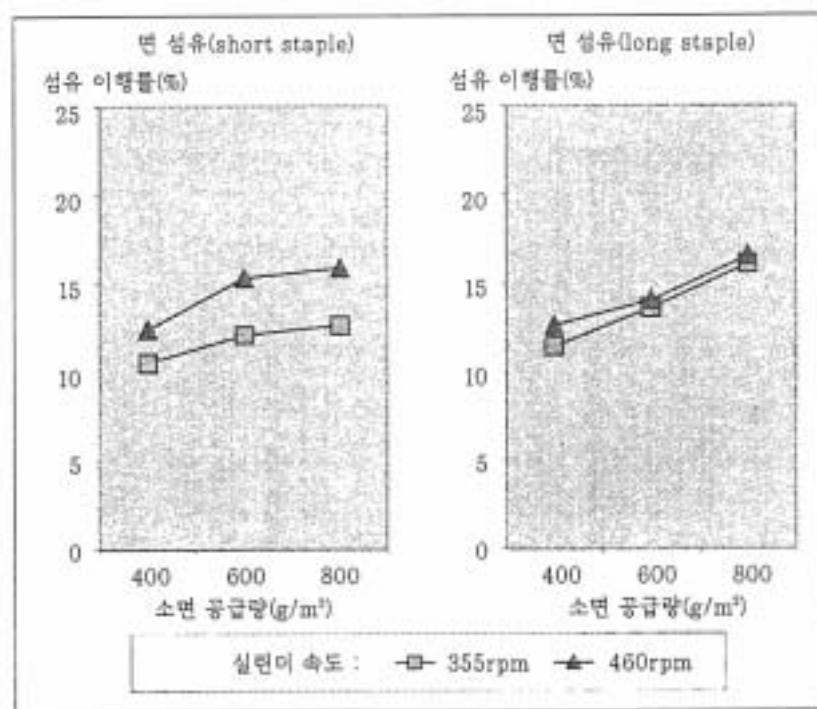
2. 섬유 이행률 (transfer factor)

소면기 내부인자로서 섬유 이행률은 카딩에서 매우 중요한 역할을 한다. 섬유 이행률은 소면기 실린더에서 도퍼로 넘어가기 전 섬유의 평균 회전수

를 나타낸다. 섬유 이행률이 작으면 섬유의 회전수가 높음을 의미한다. 이는 곧 섬유가 카딩영역을 더욱 많이 통과함을 의미하고, 따라서 단섬유(single fiber)로의 개섬 및 넵 제거 가능성이 더 커짐을 의미한다.

그러나 실린더가 고속회전하면 섬유 손상의 위험에 직면한다. 따라서 본 연구의 목표는 최적의 카딩조건을 찾는 것이다.

소면 공급량이 증가할수록 섬유 이행률은 증가하는데, 이는 실린더 상의 섬유 축적이 많아져 통계적으로 섬유가 더욱 신속하게 도퍼로 옮겨가기 때문이다.<그림 5>



<그림 5> 소면 공급량 증가에 의한 섬유 이행률 비교

섬유 이행률이 10%이면 섬유가 9번 회전 후 도퍼로 옮겨간다. 섬유 이행률이 20%이면 섬유가 4번 회전 후 도퍼로 옮겨간다. 섬유 이행률이 클수록 섬유는 보다 부드럽게 카딩된다.

3. 카딩 힘(carding force)

섬유와 카딩 요소와의 대응력을 온라인으로 측정하는 것은 소면공정 해석에 유용하다. 이와 같은 카딩 힘은 카딩 중 섬유에 작용하는 스트레스 및 카딩 강도에 대한 척도가 되는데, 카딩 힘은 주로 플랫과 세팅치에 좌우된다.

슬라이버내 섬유 비강도와 섬유 배향간에 어떤 상관성이 있는지 조사하였다. 소면 생산량 증가(실린더상에서의 섬유 축적량 증가)와 카딩 전후영역에서의 카딩 힘 증가 사이에는 명백한 상관관계가 있다고 볼 수 있다.

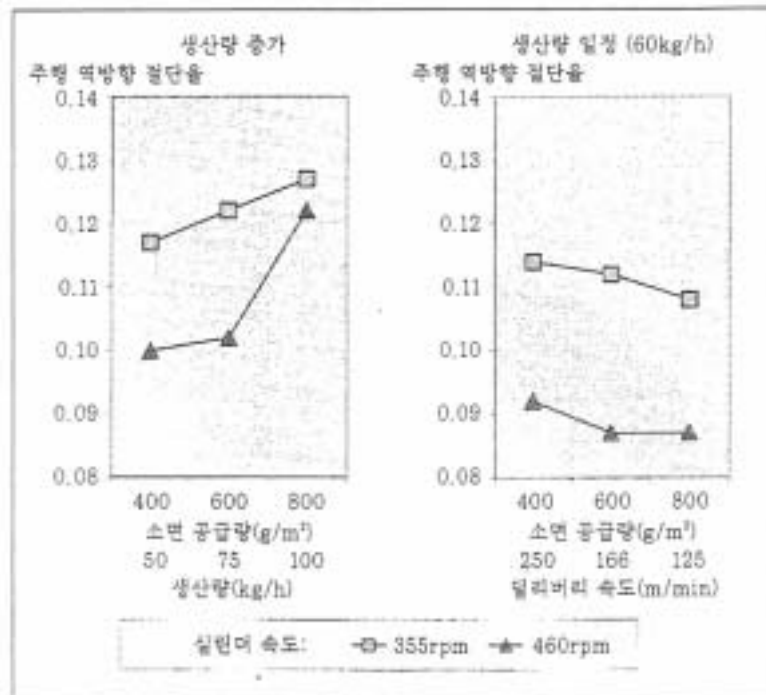
섬유들이 어떤 배향을 하지 않은 채 플록 형태로 공급되는 카딩전(前) 영역(pre-carding zone)에 비해 카딩후(後)영역(after-carding zone)에서는 카딩 힘이 훨씬 작다.

카드 방적실험(#1)에서는 일정 딜리버리 속도하에서 소면 공급량이 증가하였다.

드래프트는 일정하게 유지되었으며, 슬라이버 정량은 증가하였다. 소면 생산량은 50, 75, 100 kg/h 순으로 증가하였다. 예상한 대로 섬유 축적량 증가에 의해 카딩 힘은 증가한다. 실린더 속도가 증가하더라도 비슷한 현상이 나타난다. 실린더 속도가 460rpm인 경우, 355rpm인 경우에 비해 고속으로 인한 카딩 힘 수준이 더욱 높다.

카딩 힘 측정에 의해 섬유 개섬을 평가하기 위해 소면 생산량 수준을 50, 75, 100 kg/h으로 하고, 카딩 후 영역에서 관련 측정자료들을 수집하였다<그림 6>. 슬라이버내 각 섬유의 유효섬유장을 상호 비교하여, 섬유 배향도에 관한 결론을 얻었다. 그 결과 두가지 타입의 원면 모두 슬라이버내 유효섬유장은 카딩 힘이 커질수록 감소하였다. 이는 섬유집합체가 만족스러운 상태로 개섬되지 않았음을 의미하는데, 다시 말하면, 여전히 어느 정도의 섬유는 전혀 개섬이 안되었거나, 단지 불충분하게 개섬되었음을 의미한다. 반대로 카딩

후 영역에서에서 카딩 힘이 작게 측정되었다면 섬유의 유효섬유장은 증가한다. 즉, 섬유는 보다 잘 개섬되었고, 섬유 평행화가 개선되었음을 의미한다.

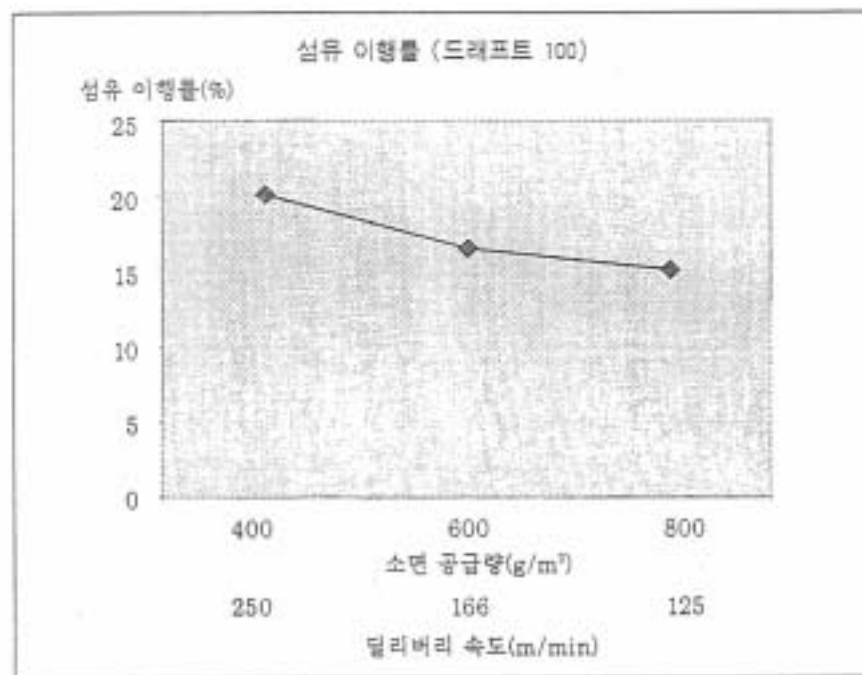


<그림 6> 카딩 힘과 섬유 배향과의 상관관계

카드 방적실험(#2)에서는 일정 소면 생산량(60kg/h) 조건하에서 소면 공급량과 딜리버리 속도가 미치는 영향을 조사한 것이다. 소면 공급량이 증가할수록 딜리버리 속도는 감소하였고, 결과적으로 슬라이버 정량은 증가하였다. 이와 같은 실험은 소면 생산량에 관계없이 카드의 여러 인자들이 미치는 영향에 대한 정보를 제공하므로 흥미롭다. 카드 방적실험(#1)의 결과에서는 일정 딜리버리 속도하에서 소면 공급량이 증가할수록 섬유 이행률이 증가하는 것으로 나타났다.

카드 방적실험(#2)에서는 딜리버리 속도가 감소되었는데, 즉 소면 생산량은 일정하게 유지된 상태이다. 두가지 인자는 섬유 이행률에 각각 상반된 영향

을 미치는데, 딜리버리 속도의 감소가 가장 큰 영향을 미친다. 이와 같은 경우, 도핑 속도가 감소하고, 섬유 이행 관련 침수(points/in²/h)가 적어서 섬유 이행률이 감소한다<그림 7>. 딜리버리 속도는 섬유 이행률에 의해 실린더상에서의 섬유 축적량을 변화시킬 수 있다.

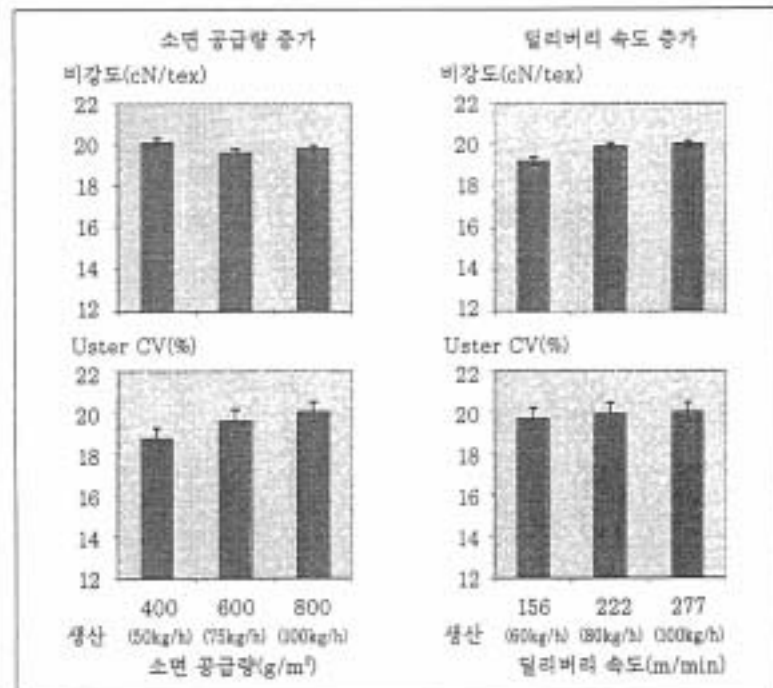


<그림 7> 일정 소면 생산량 하에서 소면 공급량 증가에 의한 섬유 이행률 변화

4. 결 과

링 및 컴팩트 방적사(25, 10 tex)를 제조하였다. 실의 강력과 Uster CV에 대해서, 소면 공급량이나 딜리버리 속도와 같은 카딩 조건에 관해 뚜렷한 경향성은 없다<그림 8>. 그러나, 대부분의 실험에서 소면 공급량이 작고, 딜리버리 속도가 빠르면 다소 약간 좋은 결과를 얻는다고 볼 수 있다. 이러한 긍정적인 결과는 딜리버리 속도를 증가함으로써 소면 생산량이 증가하는 경우에

도 여전히 유효하다.



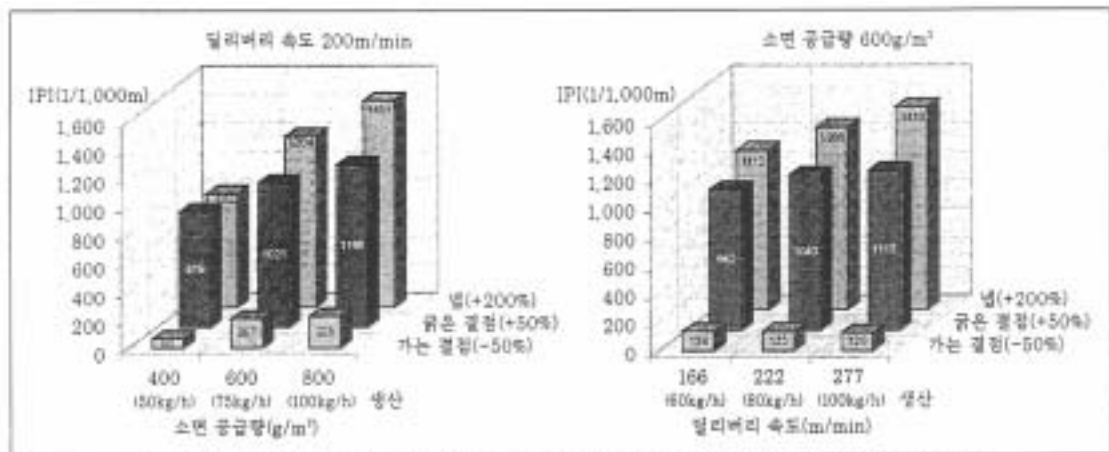
<그림 8> 실의 강력 및 균제도 비교

실의 결점 관련결과에 의하면 소면 공급량이 작을수록 실의 IPI 값이 작아 짐을 알 수 있다<그림 9>. 그래프에 의하면 딜리버리 속도 증가에 의해 소면 생산량 증가시 실의 IPI 값은 소면 공급량 증가에 의해 소면 생산량 증가시 실의 IPI 값에 비해 그 증가비율이 작아졌다.

소면 공급량 증가에 따른 소면 생산량 증가시 실의 굵은 결점수는 40% 정도 증가하지만, 딜리버리 속도 증가에 따른 소면 생산량 증가시 실의 굵은 결점수는 13% 정도 증가한다. 소면 공급량 증가에 따른 소면 생산량 증가시 실의 넵은 80% 정도 증가한 반면, 딜리버리 속도 증가에 따른 소면 생산량 증가시 실의 넵은 30% 정도 증가한다. 딜리버리 속도 증가에 의한 것보다 공급량 증가에 따른 소면 생산량 증가시 실의 가는 결점수는 거의 4배나 높

게 된다.

결론적으로 섬유 이행률이 크고, 실린더상에서의 섬유 축적도가 낮을 때 실의 품질이 가장 좋다.

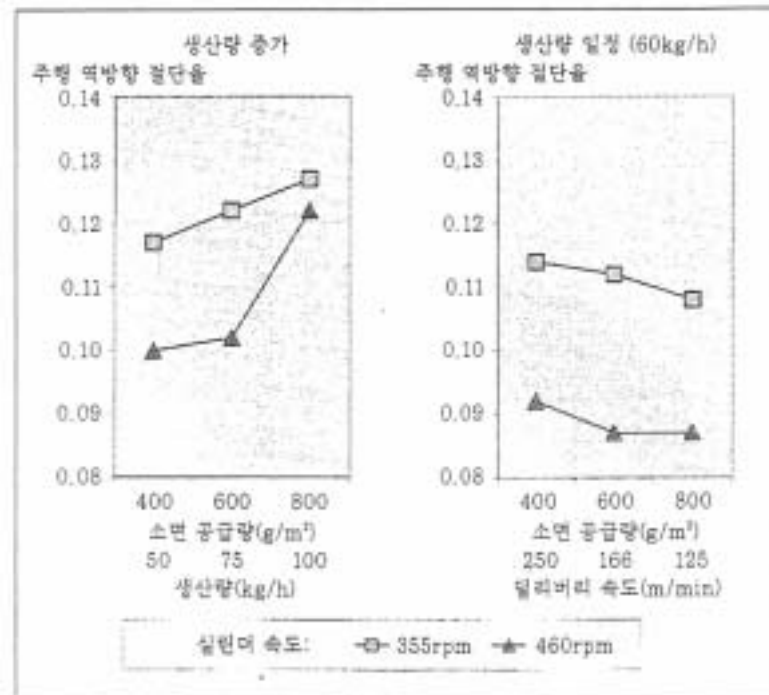


<그림 9> 소면 공급량 및 딜리버리 속도 증가에 의한 소면 생산량 증가시
사 품질 비교

소면 공급량 증가에 따른 소면 생산량 증가시 후단 혹은 섬유의 수는 증가한다<그림 10>. 이는 실린더상에서의 섬유 축적이 많고, 카딩 거동이 불량하기 때문인 것으로 여겨진다. 그러나, 만약 소면 공급량이 증가하고, 딜리버리 속도 및 도퍼 속도가 감소한 상태에서 소면 생산량이 일정하게 유지된다면, 섬유들이 더욱 심하게 빗질을 받게 되므로 후단 혹은 섬유가 감소한다.

소면 공급량이 증가하고, 섬유 이행률이 작으면, 즉 섬유 회전수가 많을 때, 슬라이버 구조는 양호하게 된다. 그러나, 이 결과가 반드시 실의 품질도 양호하다는 것을 의미하지는 않는다. 분명히 너무 과도하게 카딩된 어떤 섬유도 존재하게 되는데, 이와 같이 과도하게 카딩된 섬유들은 배향도가 좋긴 하지만 이후의 드래프팅 거동에 나쁜 영향을 미친다. 섬유 이행률이 작아서

섬유 평행화가 좋아지는 것은 단 한번의 연조 패시지에 의해 고품질 실에서 요구되는 섬유 평행화도에 이르기까지 충분한 정도는 아니다.



<그림 10> 소면 생산량이 다를 땐 후단 혹은 섬유 수 비교

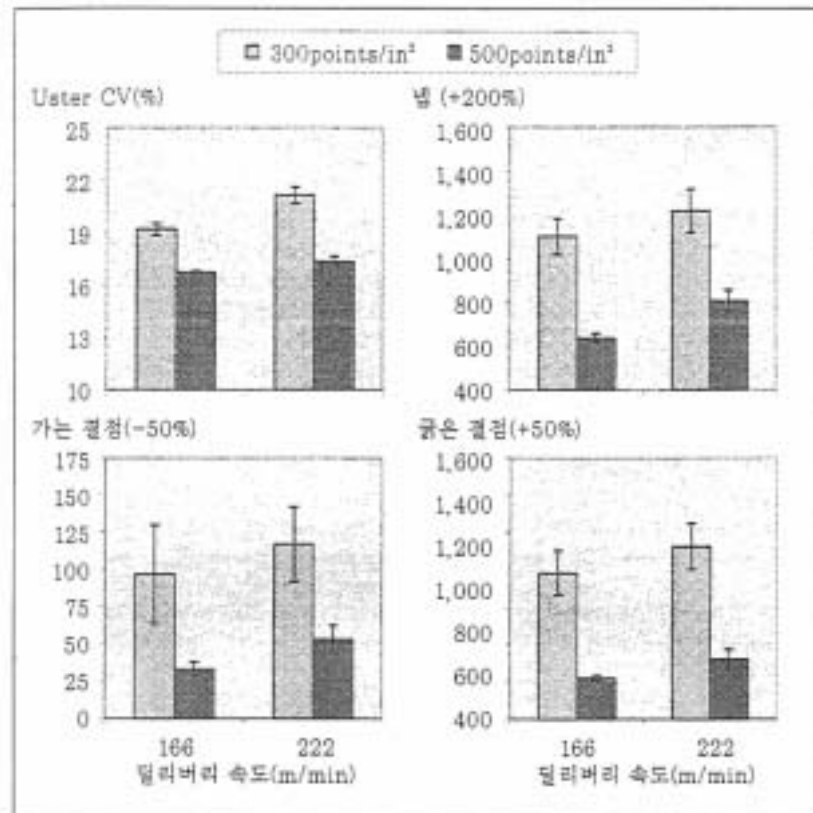
5. 도퍼 침포의 변화

위의 방적실험에 기초하여 도퍼 침포에 의한 섬유 이행률에 영향을 미치는 또 다른 가능성을 찾고자 하였다.

딜리버리 속도는 보통 고객이 원하는 만큼 증가할 수 없기 때문에 도퍼 침포간(300 및 500 points/in²) 비교실험을 하였다. 결론적으로, 도퍼 침포가 조밀할수록 섬유 이행률이 더 크게 나타났다.

실의 Uster CV값은 500points/in² 인 경우 300points/in² 인 경우보다 더 낮게 나타났다. 실의 결점(Imperfection)인 경우 단위면적당 침수가 미치는 영향은 매우 크게 나타났다. 단위면적당 침수가 많을수록 링 방적사의 가는 결점,

굵은 결점 및 넵 등의 결점이 50% 이상 작게 나타났다<그림 11>.



<그림 11> 도퍼 침수에 의한 사 품질 차이

6. 요약

최적 카딩결과를 얻기 위하여 소면 공급량은 비교적 낮은 상태로 유지되어야 한다. 소면 생산량 증가를 위해서는 딜리버리 속도 증가가 권장되는데, 이는 섬유 이행률이 증가하고, 실린더상에서의 섬유축적이 상대적으로 작기 때문이다. 또한 가능하다면 섬유 이행률 다음으로 적정 단위면적당 침수의 도퍼 사용을 권장한다.

또한, 섬유 평행화가 높다고 해서 반드시 최적의 사 품질과 연관이 되는 것은 아니다. 이후의 연조공정이나 조방공정에서 섬유 배향도에 매우 큰 영

향을 미친다.

본 연구 프로젝트 수행결과, 실린더와 도퍼 사이의 섬유 이행률은 사 품질에 매우 큰 영향을 미친다. 소면 공급량이 작고, 섬유 이행률이 커서 비교적 실린더상에서의 섬유 축적이 작을 때 섬유 이행은 최적이 된다.

♣(Optimization of card sliver structure at high output rates : Melliand English 7-8/2006)